



TITLE:

長期間供用により経年劣化した道路橋免震ゴム支承の耐震性能評価に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

林, 訓裕

CITATION:

林, 訓裕. 長期間供用により経年劣化した道路橋免震ゴム支承の耐震性能評価に関する研究. 京都大学, 2016, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2016-09-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19981>

RIGHT:

許諾条件により要旨は2016-10-01に公開

(続紙 1)

京都大学	博士 (工 学)	氏名	林 訓裕
論文題目	長期間供用により経年劣化した道路橋免震ゴム支承の耐震性能評価に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>わが国では道路・鉄道・河川・港湾等に係る多数のインフラストックを保有しており、時間の経過とともに高齢化の問題に直面してきている。こうした背景のもと、道路橋においても 20 年以上の長期間に渡り供用されるゴム支承が増えてきており、それに伴って様々な損傷が見られるようになってきた。ゴム支承の経年劣化およびそれに伴う損傷は普遍的に発生する現象であると考えられることから、本論文では免震ゴム支承である鉛プラグ入り積層ゴム支承 (LRB) の経年劣化損傷が常時ならびに地震時残存性能に与える影響について、長期間にわたり供用され実際に経年劣化損傷が発生したゴム支承を用いて各種試験により検証するとともに、その劣化メカニズムを追究することを目的とした。さらに得られた検証結果を用いて免震ゴム支承の寿命の推定や耐震性能評価方法等について提案を行ったものである。</p> <p>第 1 章「序論」では、まずストックの経過年数の増大および支承部耐震の考え方と近年の地震による被害等の背景に基づいた本研究の背景を示すとともに、長期間供用中にあるゴム支承が直面する課題について概説している。次いで、ゴム支承の変遷ならびに設計の考え方を概説するとともに、供用年数が増加している現状とその中で発生している損傷 (常時および地震時) の具体的な事例を示した。また、既往のゴム支承に関する研究の概要を示した後、主な未解明点と本論文における検討への取り組み方法を示し、論文の全体構成について述べている。</p> <p>第 2 章「経年劣化 LRB を用いた残存性能評価」においては、長期間の供用中に経年劣化損傷が発生した LRB を実橋より取出し、その残存性能を評価するための実物試験を行った。LRB は免震支承として地震時のアイソレート機能と減衰機能を併せもった支承であるが、ゴムおよび鉛の経年劣化によるこれらの性能の低下に関する定量的評価を行った。さらに試験後の支承内部状況の詳細観察の結果に基づき、鉛プラグの破断等の損傷を確認するとともに、供用段階で相当の変状が生じていた可能性とそのメカニズムについて論じている。</p> <p>第 3 章「経年劣化 LRB を有する道路橋の耐震性能評価」では、これまでに得られた試験結果より経年劣化 LRB のパラメータを設定し、2 質点系モデルを用いたレベル 2 地震動に対する動的応答照査を実施した。ゴム支承は高ひずみ領域におけるハードニングが耐震性能に少なからず影響することから、ハードニングを考慮したトリリニアモデルを設定している。道路橋示方書標準波を用いた照査では、タイプ II 地震動において劣化 LRB モデルが許容ひずみ 250% を超過する応答を示している。また、支承特性値を劣化させた場合の限界状態を把握し、劣化予測式に基づく耐用年数の試算を行っている。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	林 訓裕
<p>第4章「鉛プラグの常時変形による経年劣化メカニズム」では、損傷した鉛プラグの詳細調査を行い、劣化要因と損傷発生メカニズムの推定を行った。また鉛プラグの損傷は常時変形で発生していることが考えられるため、低ひずみ速度を考慮した FEM 挙動解析により鉛プラグ内部のひずみ状態を把握し、高い塑性ひずみが発生している要素と実物の破断位置がよく一致していることを確認している。</p> <p>第5章「地震リスクを考慮した耐震性能評価および維持管理」では、多数の地震動を入力とした漸増動的解析（IDA）により劣化 LRB の耐震性能影響を確認するとともに、構造物の損傷規模の確率を fragility 特性により評価し、LRB の経年劣化が道路橋システムの耐震性能低下に影響を及ぼしていることを明らかにした。併せて地震時における要求性能を定義したうえで、地震リスク評価により損失コストを算出し、維持管理シナリオごとのライフサイクルコストを求めている。また、これらの知見をもとに維持管理目標に関して述べている。</p> <p>第6章「結論」では、本研究において得られた結論および得られた知見を総括するとともに、今後の研究課題について整理している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、免震ゴム支承である鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）の経年劣化損傷が常時ならびに地震時残存性能に与える影響に関し、長期間にわたり供用され実際に経年劣化損傷が発生したゴム支承を用いた各種試験による実験的な定量評価ならびに劣化メカニズムの検討を行うとともに、その結果を用いて免震ゴム支承の寿命や耐震性能の推定評価および維持管理シナリオの検討を行ったものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 残存性能確認のための載荷試験により、長期間供用したゴム支承の減衰性能の低下、ならびに剛性の増加が定量的なデータとして明らかになった。鉛プラグの封入鉛量の減少およびゴムの硬化の2つが主要な要因と推定される。劣化支承の鉛プラグの破断やはらみ出しが確認され、供用中のLRBにおける鉛プラグの変状の状況が明らかとなった。また、新品支承においても大変形を経た後には破断やはらみ出しが生じること、しかしながら破断のみの場合は減衰性能への影響は小さいことは、初めて試験により実証的に確認された知見である。
2. 経年劣化LRBの支承特性値の変化が道路橋システムの地震時性能へ及ぼす影響の道路橋構造物の動的地震応答の観点からの検討においては、ゴムの経年劣化に伴う特性値の変化と破断ひずみの低下を考慮すると、LRBの劣化の進行に伴いゴム支承破断が生じる危険度が上昇し免震ゴム支承を有する構造系の保有性能が低下することを、その定量的な評価法とともに明示した。
3. 鉛プラグの詳細調査、および数値解析による鉛プラグの損傷メカニズムの検討においては、低サイクル疲労の影響が大きいこと、結晶粒度径の検討から繰り返し変形で塑性ひずみが蓄積された部分より損傷が進行したと推定されること、常時変形時における鉛プラグ表面の応力集中部の塑性ひずみの影響が大きいこと、また外部からの水の影響による酸化鉛（ PbO ）の生成がきれつの進展と共に進行して粉体化する現象があること、等のこれまで知られていなかったメカニズムを指摘し、数値的な検証では観察結果と整合的な結果が得られたことを示した。
4. 構造物の漸増動的解析により評価した fragility 特性に基づく地震リスク評価を行うとともに、ライフサイクルコストによる維持管理シナリオの定量的な検討の方法を提示した。こうした検討を通じ、LRBの経年劣化が橋梁全体系の耐震性能の低下に影響を及ぼしていることが地震リスクとしても示す事ができると、予防保全の方策における支承の最適取替間隔が算出できることを示した。

本論文は、新たな課題として浮上してきた道路橋のゴム支承の経年劣化による影響の評価と、社会的に重要性の高い構造物の維持管理方策の確立に向けての重要な知見と評価法の提案の成果を示したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年8月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。